

APLICAÇÃO DE DIODOS EMISSORES DE LUZ ULTRAVIOLETA PARA DESCONTAMINAÇÃO DE MICRORGANISMOS EM LEITE CRU¹

Pedro Henrique Borati dos Santos², Darlene Cavalheiro³, Rodrigo Corrêa Silva⁴, Cicero Adriano da Silva⁴, Fernanda Casarin Senhorate⁴, Arnaldo Dall Agnol Filho⁵, Alicia Namie Ito⁶, Heveline Enzweiler⁷, Liziane Schittler Moroni⁷, Georgia Ane Raquel Sehn⁷, Elisandra Rigo⁷, Ana Luiza Bachmann Schogor⁸

¹ Vinculado ao Projeto “Aplicação de LED-UV em fluidos”

² Acadêmico do Curso de Engenharia Química – PIVIC-UDESC – UDESC Oeste – pedro.santos9@edu.udesc.br

³ Orientadora, Departamento de Engenharia Química e de Alimentos – UDESC Oeste – darlene.cavalheiro@udesc.br

⁴ Mestrando(a)-Bolsista CAPES, Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos- UDESC Oeste.

⁵ Acadêmico do Curso de Engenharia Química – UDESC Oeste.

⁶ Acadêmica do Curso de Engenharia de Alimentos – UDESC Oeste.

⁷ Professora, Departamento de Engenharia de Alimentos e Engenharia Química – UDESC Oeste.

⁸ Professora, Departamento de Zootecnia – UDESC Oeste.

O leite é uma fonte significativa de energia, proteínas de alto valor biológico, minerais e micronutrientes essenciais, contribuindo para a redução da fome e combate à má nutrição. No entanto, a conservação do leite cru requer refrigeração para evitar a multiplicação de microrganismos aeróbios mesófilos, ligados à acidificação. Contudo, a refrigeração favorece o desenvolvimento de microrganismos psicrotóxicos, os quais produzem enzimas resistentes ao calor, afetando a qualidade do produto. Para reduzir a carga microbiana, a indústria de laticínios utiliza processos tecnológicos térmicos, os quais podem causar alterações na composição do leite, afetando suas características sensoriais e nutricionais. Para manter as características iniciais do leite e descontaminá-lo, estudos investigam o uso de diodos emissores de luz ultravioleta (LED-UV), os quais apontam que essa tecnologia é eficaz na inativação de microrganismos e não envolve altas temperaturas. O principal mecanismo de inativação por LED-UV é a interferência na replicação do DNA dos microrganismos. Assim, o presente estudo objetivou avaliar a eficiência de um protótipo de reator de LED-UV na descontaminação de microrganismos presentes na microbiota do leite cru bovino. O protótipo de reator de LED-UV (Figura 1) foi desenvolvido em colaboração com a empresa Zagonal S.A., e é composto por uma matriz de controle com dois interruptores, um para operar a bomba de transferência de fluido e outro para ativar o reator LED-UV. Ele também possui um tanque inicial, um reator com seis feixes de LED-UV de 275 nm de comprimento de onda, em formato hexagonal, um tanque final após a exposição aos LED-UV e um sistema de resfriamento para manter a temperatura dos LEDs a aproximadamente 15 °C. Dois processos foram utilizados no equipamento: recirculação e passagem. No processo de recirculação, uma parte do líquido é mantido no reator e passa pelo feixe de luz em ciclos, sem retornar ao tanque inicial. No processo de passagem, o líquido passa apenas uma vez pelo reator e tem um único contato com os feixes de luz. Os tempos de exposição à luz foram definidos com base em testes de vazão inicial, de acordo com a capacidade da bomba de transporte de líquido. O experimento envolve a deposição de cerca de quatro litros de leite no tanque 1, seguida pela homogeneização do fluido por 1 minuto usando uma bomba

pressurizadora. O líquido passa pelo processo de inibição microbiológica com feixes de luz LED-UV para avaliar a eficácia do reator. As amostras foram nomeadas de acordo com o tempo de exposição à luz (em minutos) e diferenciadas entre aquelas que passaram por recirculação e as que seguiram o processo de passagem única. Os experimentos foram conduzidos em triplicata para garantir resultados confiáveis. As análises microbiológicas são em plaqueamento em placa de Petri para todos os micro-organismos, sendo que os mesófilos e psicrotróficos são inoculados em meio *Plate Count Agar* (PCA), incubados a 35 °C por 48 horas e 7 °C por um período de 10 dias. Para as enterobactérias utiliza-se a técnica de plaqueamento em profundidade com o meio *Violet Red Bile Glucose Agar* (VRBGA). Após a inoculação das placas contendo o meio e as amostras, estas são incubadas a 35 °C por 24 horas. Esses métodos permitem a quantificação de diferentes tipos de microrganismos em amostras, fornecendo informações importantes sobre a microbiota presente. Os resultados das contagens microbianas demonstraram (Tabela 1) que os mesófilos e as enterobactérias tiveram um aumento na contagem à medida que o tempo de recirculação aumentou, especialmente no tratamento de 3 horas. No entanto, para os psicrotróficos, houve uma redução significativa na contagem à medida que o tempo de exposição ao LED aumentou. O dispositivo conseguiu reduzir a contagem desses microrganismos em 1,6 log após 5 minutos de recirculação da amostra de leite no reator, e uma redução de 99,9% foi observada após 10 minutos de recirculação, diferindo significativamente da contagem inicial. Assim, os experimentos para inativação de microrganismos, com foco em mesófilos e enterobactérias, indicam que o comprimento da onda utilizado não foi eficaz na redução desses microrganismos, pois não houve uma redução significativa em nenhum dos tratamentos com LED-UV, porém apresentou excelente potencial para inativação de psicrotróficos.

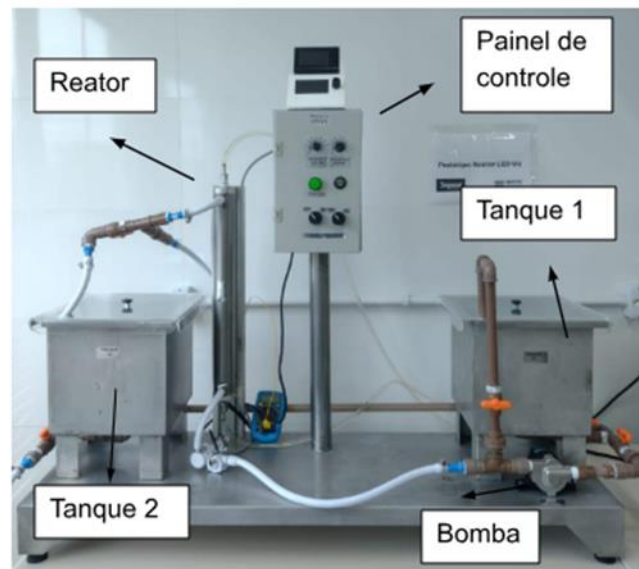


Figura 1. Protótipo do reator LED-UV
Fonte: Autores, 2023.

Tabela 1. Contagem de mesófilos, enterobactérias e psicrotróficos do leite cru bovino submetido a descontaminação por aplicação de LED-UV.

| Micro-organismo | Tempo | Contagem inicial (log UFC mL ⁻¹) | Contagem final (log UFC mL ⁻¹) | Inativação média (%) |
|-----------------------|------------------------|--|--|----------------------|
| Mesófilos | Passagem | 3,9±0,2 ^a | 3,6±0,1 ^a | 27,0±0,1 |
| | 5 min | 3,9±0,2 ^a | 4,0±0,1 ^a | ND |
| | 10 min | 3,9±0,2 ^a | 4,1±0,2 ^a | ND |
| | 15 min | 3,9±0,2 ^a | 4,1±0,4 ^a | ND |
| | 30 min | 3,9±0,2 ^a | 4,2±0,1 ^a | ND |
| | 3 h | 3,9±0,2 ^a | 4,5±0,2 ^b | ND |
| | Enterobactérias | Passagem | 3,8±0,3 ^a | 3,5±0,2 ^a |
| 5 min | | 3,8±0,3 ^a | 3,9±0,1 ^a | ND |
| 10 min | | 3,8±0,3 ^a | 4,0±0,3 ^a | ND |
| 15 min | | 3,8±0,3 ^a | 4,0±0,2 ^a | ND |
| 30 min | | 3,8±0,3 ^a | 4,1±0,1 ^a | ND |
| 3 h | | 3,8±0,3 ^a | 4,1±0,2 ^a | ND |
| Psicrotróficos | | Passagem | 3,1±0,1 ^a | 2,9±0,2 ^a |
| | 5 min | 3,1±0,1 ^a | 1,5±0,1 ^b | 90,0±0,1 |
| | 10 min | 3,1±0,1 ^a | 0,0±0,0 ^b | 99,9±0,0 |
| | 15 min | 3,1±0,1 ^a | 0,0±0,0 ^b | 99,9±0,0 |

Passagem = Passagem única pelos feixes de luz; ND = não redução. Letras iguais na mesma linha indicam que não houve diferença significativa (P<0,05).

Fonte: autores, 2023

Palavras-chave: LED-UV. Tecnologia não térmica. Inibição.

Agradecimentos: Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), CAPES, Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina-FAPESC (Termo de outorga 2021TR1224) e a empresa Zagonel S.A.